

補助事業番号 21-13

補助事業名 平成 21 年度 製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究等補助事業

補助事業者名 財団法人 機械振興協会

1. 補助事業の概要

(1) 事業の目的

機械工業の情報化の進展、標準化の推進及び地域産業活性化を図るため、機械工業界における共通的、実地的な技術問題の解決に必要な調査研究を行い、もって機械工業の振興に寄与する。

(2) 実施内容等

①. 標準技術活用による生産支援に関する研究

本研究では、生産システムの運用・保守向けに、遠隔監視、ドキュメント管理の情報を、インターネットにより同視点表示し、指し示しながら会話することで、低いスキルの作業者の遠隔作業や保守支援を行うポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究、及び生産システム構築段階向けに、シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究を実施した。

平成 21 年度の実績は次の通りである。

ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究では、3-D モデルに代わり、デジタルカメラで撮影した機器や仕掛け品などの写真と、関連ドキュメントとを連携管理する多角点画像リンクシステム他を試作し、ポータル・コラボレーション型生産支援システムの構築が完了した。

シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究では、ロボットとカメラを利用する外観視覚検査を対象として、オフライン（仮想環境）でカメラの焦点距離や撮像タイミングの決定、ロボット動作の生成、及び視覚検査プログラムの事前評価を実施する外観検査向け設備シミュレーションを提案し、開発した。

また、得られた成果を実用化レベルまで高め、国内外の学会発表や展示会出展、セミナー実施、関連する業界や標準化団体に公表し、ユーザへの試験導入を開始し、研究成果の普及活動を以下のように実施した。

特許出願 2 件（審査請求 1 件含む）、論文発表 3 件、学会表彰 1 件、口頭発表（学会・講習会）19 件、誌上発表（新聞・学会誌等）4 件、展示会出品 4 件、セミナー開催 1 回、ユーザへ試験導入 1 件、来所見学 39 社などで成果の普及に努めた。



②. 計測技術高度化に関する研究

(a) 幾何形状測定信頼性向上に関する研究

本研究では現場環境に置かれた三次元測定機について、鋼製と低熱膨張のブロックゲージを用いて三次元測定機の目盛誤差の要因となる温度測定誤差の影響を調査するとともに、マルチスタイル測定における校正球と測定物との設置位置の関係を調査した。また、真円度測定機について、測定時の回転数及び温度と供給空気圧力の変動が測定値に与える影響を評価した。また、製造メーカ及び展示会等に出張し最新の計測技術動向について情報収集を行った。

平成 21 年度の実績は次の通りである。

三次元測定機については、マルチスタイル測定における幾何偏差量測定の高高度化を実現させるため、プロービング誤差である位置誤差の評価法及び低減法を提案するとともに、校正球の位置とワークの設置位置を最適な位置に設置することにより、位置誤差を小さくできることを確認した。これらの技術により、対象の三次元測定機において、円筒度測定で $4.7\mu\text{m}$ から $2.2\mu\text{m}$ に改善した。また、低熱膨張製と鋼製のブロックゲージの目盛誤差からスケールとワーク温度計の補正が可能となり、目盛誤差を減少させることができることを確認した。これらの技術により、対象の三次元測定機において、年間の温度変化が 15°C 以上ある測定環境で目盛誤差を $7.4\mu\text{m}/\text{m}$ から $1.8\mu\text{m}/\text{m}$ に改善した。

真円度測定機については、周波数解析の結果から切欠き部を構成する角度を大きくすると、波形成分が低周波側に移動することを確認するとともに、ほぼ同じ切欠き深さを有する 5mm と 40mm 直径の切欠き標準を用い回転数による偏りを実測すると、切欠き部を構成する角度が大きくなる 5mm 直径の切欠き標準の方が $\pm 0.01\mu\text{m}$ 程度偏りが少ない。これらの結果から、切欠き深さが同じであれば、円筒の直径が小さい切欠き標準の方が有利であることが分かった。また、供給空気圧が要求される範囲内であっても、供給空気圧の変動により検出器と被測定物との位置が周期的に変化していることを確認した。さらに、地域イノベーション創出共同体形成事業の公開講座・研究会、精密工学会（2 件）、知的基盤部会計測分科会（2 件）などで成果の普及に努めた。



(b) 表面層の機械的特性評価の高度化に関する研究

近年、デバイスの微小化、極薄膜化に伴い、デバイスやシステムの設計・製造のために、極薄膜・極微小領域における機械的特性評価の手段として微小押し込み試験の必要性が増加している。本研究は、表面性状・形状が押し込み試験に及ぼす影響及び従来の硬さ試験との連続性の検討により、表面層の機械的特性評価の高度化を目的とし、実施した。

平成 21 年度の実績は次の通りである。

顕微ラマン分光・押し込み試験システムの構築のための検討、設計、基礎データの取得を行った。具体的には、荷重制御による押し込みを行うための位置制御技術の予備実験、押し込み過程における圧子透過像の観察の検討、顕微鏡の長作動対物レンズの観察像及びラマンシグナルの比較、検討、顕微鏡における透過照明光学系の構築などを行い、メーカーと共同で押し込み過程における像観察、分光分析を可能とするシステムの試作を行った。さらに、圧子先端の形状が保証できないような押し込み領域における圧痕観察、微小領域の押し込み試験における従来の硬さとの連続性についての検討を行うため、微小領域の形状把握が可能な走査プローブ顕微鏡内蔵対物ユニットの試作を行った。また、表面性状評価に関する研究動向・要望などについて、大学・公的研究所・メーカーからの調査も行った。硬さ試験における圧痕及びその周辺部の理解への取り組みは少ないが、極薄膜、極微小領域における機械的特性評価と密接に関係する必須検討課題であり、薄膜・微細構造体の性能及び信頼性の向上に貢献できると考えている。また、機械的な接触により生じた部位の評価に関する問い合わせが数件あった。機械的接触誘起現象の基礎的知見としても重要な役割を果たすものと期待される。

研究開発の実施とともに、論文発表 6 件、口頭発表 7 件（国際学会 2 件、国内学会 5 件）の発表を行い、成果の普及に努めた。



(c) 材料試験技術の高度化－複合三次元材料試験方法の開発

近年、金属材料よりも丈夫で軽量の複合材料や樹脂材料が、さまざまな製品に多用されている。しかし、これら新素材の試験評価手法は現状不十分であり、高度な設計、品質保証、製品安全に直結する効率的で確実な新しい試験システムの登場が望まれている。このような背景から、現在市販されている試験機による規格試験では困難な実際の利用状態を想定したシミュレーション実験など、カタログ値的な材料特性評価から一步踏み込んだ利用価値が高い試験システムの実現が重要な課題となってきた。そこで本研究では、以下に示すテーマを設定し問題解決のための検討を行った。

平成 21 年度の実績は次の通りである。

a) 複合三次元材料試験システムの提案を行った。b) 位置と力の制御方法の検討を行い、昨年度試作した装置への適用を行った。c) 新しい冗長パラレルメカニズムの提案を行った。d) 冗長パラレルメカニズムのプロトタイプ（空気圧駆動）を試作し、基本的な動作実験を行った。以上により、六軸の位置・力制御による実用条件に近い試験が可能な複合材料試験システムの実現が可能との見通しを得た。研究開発の実施とともに、海外技術動向調査のため、職員 1 名を中国、フィリピン共和国で行われた国際学会に派遣した。また、当所主催の研究会、国内学会発表（1 件）、国際会議発表（3 件）、査読付論文集投稿（1 件）、企業からの技術相談（3 件）などにより成果の普及に努めた。



③. 加工技術高度化に関する研究

(a) ガラス加工用バインダレスcBN工具の成形に関する研究

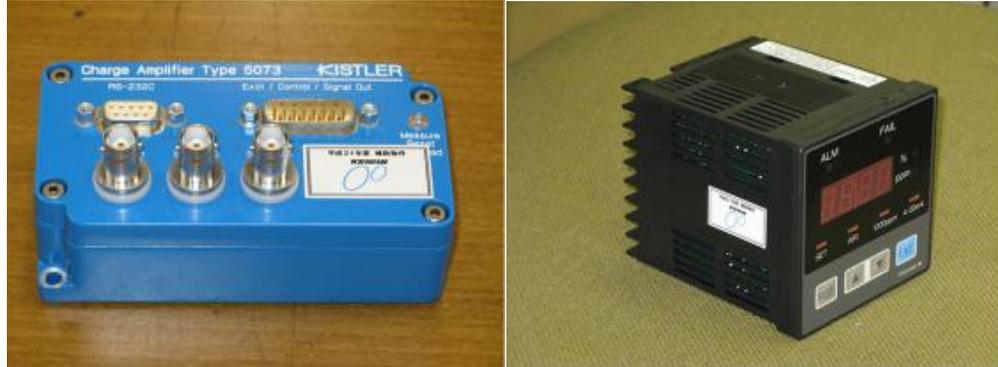
ガラスは建築資材、光学部品、及び医療機器に至るまで身近に存在する材料であり、量産技術は確立されている。しかしながら、多種多様なニーズに即応可能な少量生産の技術は、必要性が高いが確立されてはいない。ガラスへの高能率な延性モード切削が可能となるフライカットは、ガラス製機器の試作など少量生産に適した技術である。フライカットによるガラスの延性モード切削が実用的な段階に進展すると、非球面ガラスレンズ(光学機器)やマイクロ流路(化学・生化学分析: DNA 分析や創薬など)への適用が可能となる。そのため、光学機器から理化学・医学分野までの貢献が期待できる。

本研究では、ガラスの延性モード切削における基礎的な切削現象の解明とバインダレス cBN を含む工具の研磨実験を行った。

平成 21 年度の実績は次の通りである。

カセンサ内蔵真空チャックを製作し、切削力の測定を行った。その結果、工作物送り方向と工具の回転方向が対向するアップカットでは、送り方向切削力は工作物送り方向へ正の方向に作用していた。また、工作物と工具の回転方向が同一となるダウンカットでは、加工開始直後の送り方向切削力は工作物送り方向へ負の方向に作用していた。製作したカセンサ内蔵真空チャックは、カセンサの内部干渉が少なく切込み方向切削力の影響を受けずに送り方向切削力が測定できたため、加工現象の解明につながる情報を得ることができた。研磨面の表面粗さ(研磨方向と直交)は、バインダレス cBN では $0.102 \mu\text{mRa}$ 、単結晶ダイヤモンドでは $0.0039 \mu\text{mRa}$ 、超硬合金では $0.033 \mu\text{mRa}$ であった。バインダレス cBN は表面粗さが最も低く、研磨面には空孔が観察された。研磨方法を最適化してバインダレス cBN 工具の良好な研磨面を得ることが可能となれば、フライカットによるガラス加工面の表面粗さは向上する。

口頭発表 4 件、講習・講演会 2 件などで成果の普及に努めた。



(b) 温度制御による加工技術信頼性向上に関する研究

民生電子機器、サーバー、及び通信設備等の小型化により、「機器駆動のための電力」と「排熱を処理するための電力」が、飛躍的に増加している。特に排熱は「IT 産廃」と言われるようになり、機器駆動及び排熱機器の省電力化が急務となっている。この問題を解決するため、排熱用電力を必要としない技術の開発が求められている。ここでは、ヒートパイプの技術を応用した無動力の熱制御素子（ループヒートパイプ、LHP: Loop Heat Pipe)の研究を行った。LHP 開発の中で今年度は LHP の伝熱理論を纏め上げるとともに、その理論を用いて LHP を設計するためのソフトウェア「LHP 設計ツール」の開発を行った。

平成 21 年度の実績は次の通りである。

まず、LHP は熱輸送のための動力を必要としないため、環境配慮の点で優れている。その用途として 50 台程度のデータセンターのサーバー内 CPU の熱輸送を空冷から LHP に置き換えると、年間 84 軒分の家庭電力を節約でき、多大な省エネルギー効果があることを示した。次に、LHP 内の物理現象を分析し、蒸発器に加えられた熱量に対して LHP の動作温度を予測する方法と、LHP 各部の圧力損失と蒸発器内ウィックの毛細管力との関係から LHP の最大熱輸送量を予測する理論体系を確立し、この理論を用いて、例えばサーバー等の熱輸送に適用するために必要な LHP の形状・材質・作動流体等を決定し、さらに LHP の動作温度と最大熱輸送量を予測する「LHP 設計ツール」の整備を行った。

また、温度制御による加工技術信頼性向上に関する技術動向調査のため、職員 1 名をアメリカに派遣した。その他として、国内学会発表 1 件、国際学会発表 1 件などで成果の普及に努めた。



2. 予想される事業実施効果

① 標準技術活用による生産支援に関する研究

ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究では、企業 2 社から成果の製品化要望があり、その他数多く問い合わせがある。シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムは、5 社が参加する実用化に関する研究会に採用され、大手エンジニアリングプラスチック製品製造業で試用を開始し、その他大手工作機械メーカーでも試用を検討中であり、実用化に向けた準備を行っている。

シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究では、電機産業や自動車産業の大手企業から研究成果の利用の問い合わせが多くなっている。現在、基礎実験を引き続き実施しており、産業界との連携方法を模索している。これらの成果は、学会、外部講習会、新聞、誌上、一般の展示会などで発表し、産業界から高い評価を得ている。このような活動を通じて、開発したシステムの産業界への普及を進める。

② 計測技術高度化に関する研究

(a) 幾何形状測定の信頼性向上に関する研究

三次元測定機については、低熱膨張ブロックゲージを用いた温度補正法、マルチスタイラス測定における位置誤差の低減法、真円度測定機については、切欠き標準の最適形状の提案等により、生産現場の製品精度向上が大きく期待できる。

(b) 表面層の機械的特性評価の高度化の研究

研究成果の発表などを通じて多くの問い合わせがあった。硬さ試験における圧痕及びその周辺部の理解への取り組みの例は少なく、極薄膜、極微小領域に対する機械的特性評価は必須検討課題であり、薄膜・微細構造体の性能、信頼性を向上させる上で重要な役割を果たすものと予想される。また、機械的な接触によって生じた部位の評価に関する問い合わせが数件あった。本研究は機械的特性評価としてだけでなく、機械的接触誘起現象の理解を進める目的においても、その基

礎的知見として重要な役割を果たすものと予想される。

(c) 材料試験技術高度化－複合三次元材料試験方法の開発－

複合（多軸）試験機は現在実用化されておらず、標準の試験方法などが存在しない。実際の利用状態を想定したシミュレーション実験など、カタログ値的な材料特性評価から一步踏み込んだ、利用価値が高い複合多軸試験技術が確立できれば大きなニーズが見込まれる。したがって、今後、受託試験への展開、様々な産業での利用・普及が期待できる。現在、試験機専業メーカ（サム電子機械）と本技術の製品展開の可能性などについて協議を開始している。

③ 加工技術高度化に関する研究

(a) ガラス加工用バインダレスcBN工具の成形に関する研究

バインダレス cBN のスカイフ盤による研磨では、単結晶ダイヤモンド、超硬合金と比べて表面粗さは低く、研磨面には空孔が観察された。研磨方法を改良してバインダレス cBN 工具の良好な研磨面を得ることが可能となれば、フライカットによるガラス加工面の表面粗さは向上する。フライカットによるガラス加工面は光学鏡面に達してはいないが、クラックのない加工面を得ることができる。ガラスのフライカットによる加工面が光学鏡面となれば、光学・理学機器のみならず、医学業界まで貢献は広がると考えられる。

(b) 温度制御による加工技術信頼性向上に関する研究

データセンターでは、通信機器の小型化により、機器駆動の電力、さらにその排熱を処理するための電力が増大している。特に排熱は「IT 産廃」と言われるようになり、データセンター内の省電力化が急務となっている。例えばサーバー50台程度のデータセンターにおけるサーバー内の温度制御を空冷から LHP（ループヒートパイプ）に換えると、年間約 84 軒の家庭電力が節約でき、大きな省電力効果が期待できる。

このような省エネ効果のある LHP を電子機器の熱制御のみならず、家庭とくに住宅関連への適用を広げていくことで日本全体での温暖化の防止に多大なる貢献が可能ではないかと考えられる。

さらに成果の普及として当所「基盤的生産技術研究会」中の「温度制御に関する小研究会」のメンバーには、本ツールの無償貸与を検討している。

3. 本事業により作成した印刷物等



標準技術活用による生産支援に関する研究報告書



計測技術高度化に関する研究報告書



加工技術高度化に関する研究報告書



一般公開・講演会のパンフレット



業務の紹介

4. 事業内容についての問い合わせ先

団体名： 財団法人 機械振興協会（キカイシンコウキョウカイ）

住所： 事務局： 〒105-0011

東京都港区芝公園3-5-8

技術研究所： 〒203-0042

東京都東久留米市八幡町1-1-12

代表者： 会長 庄山 悦彦（ショウヤマ エツヒコ）

担当部署： 技術研究所 管理部 企画室（ギジュツケンキュウシヨ カンリブ キカクシツ）

担当者名： 室長 長島 清隆（チョウジマ キヨタカ）

電話番号 : 042-475-1157

F A X : 042-476-4870

E-mail : chojima@tri.jspmi.or.jp

U R L : <http://www.tri.jspmi.or.jp/>